

**ANALISIS KOORDINASI *OVER CURRENT RELAY* DAN  
*RECLOSER* PADA SISTEM DISTRIBUSI 20 kV  
PENYULANG 9 GARDU INDUK JAJAR**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I  
pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

**Oleh :**

**HORISON PEGY PURWANTO**

**D400150143**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2019**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**ANALISIS KOORDINASI *OVER CURRENT RELAY* DAN  
*RECLOSER* PADA SISTEM DISTRIBUSI 20 kV  
PENYULANG 9 GARDU INDUK JAJAR**

**PUBLIKASI ILMIAH**

Oleh :

**HORISON PEGY PURWANTO**

**D400150143**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Dosen Pembimbing



**Agus Supardi, S.T., M.T**

**NIK : 883**

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS KOORDINASI *OVER CURRENT RELAY* DAN  
*RECLOSER* PADA SISTEM DISTRIBUSI 20 kV  
PENYULANG 9 GARDU INDUK JAJAR**

OLEH

HORISON PEGY PURWANTO

D400150143

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari Sabtu, 11 Mei 2019

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji :

1. Agus Supardi, ST. MT (.....)  
(Ketua Dewan Penguji)
2. Aris Budiman, ST. MT (.....)  
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Hasyim Asy'ari, ST. MT (.....)  
(Anggota II Dewan Penguji)

Dekan,



Ir. Sri Sunarjono, M.T, Phd.

NIK. 682

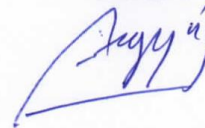
## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 8 April 2019

Penulis



**HORISON PEGY PURWANTO**

**D400150143**

# ANALISIS KOORDINASI *OVER CURRENT RELAY* DAN *RECLOSER* PADA SISTEM DISTRIBUSI 20 kV PENYULANG 9 GARDU INDUK JAJAR

## Abstrak

Dalam sistem distribusi tenaga listrik seringkali terjadi gangguan yang menyebabkan PT PLN mengalami kerugian dari segi materi. Faktor yang mempengaruhi terjadinya gangguan ada berbagai macam, baik faktor internal ataupun eksternal. Sistem distribusi pada jaringan banyak terjadi gangguan diantaranya gangguan arus hubung singkat. Diperlukan sistem proteksi yang tepat untuk menangani gangguan tersebut yang berada di saluran. Suatu proteksi yang handal dapat mengurangi kerusakan peralatan listrik yang ada di penyulang pada saat terjadi gangguan yakni dengan menggunakan relai OCR (*Over Current Relay*). *Recloser* (Penutup Balik Otomatis/PBO) adalah suatu peralatan pemutus aliran listrik secara otomatis yang dilengkapi peralatan kotak kontrol elektronik yang dapat bekerja secara maksimal. Peralatan ini dapat bekerja ketika ada arus gangguan maka akan memerintahkan operasi membuka dan menutup kepada pemutus aliran listrik secara otomatis sesuai waktu yang telah diatur. apabila gangguan arus hubung singkat terjadi sesaat maka *recloser* akan menutup, jika terjadi gangguan yang bersifat permanen *recloser* akan tetap terbuka setelah beberapa kali buka tutup dengan seting yang telah dibuat. PLN mempunyai banyak penyulang untuk menyediakan saluran listrik kepada konsumen. Pada penyulang Jajar mengandalkan sistem proteksi berupa OCR (*Over Current Relay*). Penelitian ini menganalisis waktu kerja relai (t) OCR dan waktu kerja *recloser* pada saat terjadi pada saluran distribusi 20 kV di penyulang 9 GI Jajar. Hasil dari perhitungan pada gangguan 1 fasa tanah yang terjadi di kilometer 0 adalah gangguan yang terbesar yaitu sebesar  $12111 \angle -90^\circ$  ampere dan pada gangguan 1 fasa tanah yang terjadi di kilometer 8 adalah arus gangguan yang terkecil yaitu sebesar  $1634 \angle -76^\circ$  ampere. Agar terjadi koordinasi antara OCR dan *recloser* maka pada OCR sisi *incoming* di setting waktu kerjanya selama 0,82 detik, pada OCR sisi *outgoing* di setting waktu kerjanya selama 0,55 detik, dan pada *recloser* di setting waktu kerjanya selama 0,18 detik. Hasil perhitungan menunjukkan seting waktu kerja relai (t) untuk proteksi gangguan arus hubung singkat ditentukan oleh letak relai dimana semakin jauh letak relai maka semakin kecil juga seting waktunya.

**Kata kunci :** *Over Current Relay*, Koordinasi proteksi, *Recloser*

## Abstract

In an electric power distribution system, interference often causes PT PLN to suffer material losses. The factors that influence the occurrence of the disorder are various kinds, both internal and external factors. Distribution systems on the network occur a lot of disturbances including short circuit current interference. An appropriate protection system is needed to deal with the interference that is on the channel. A reliable protection can reduce damage to existing electrical equipment in feeders in the event of a disturbance that is by using OCR (*Over Current Relay*). *Recloser*

(PBO) is an automatic electrical breaker equipment equipped with electronic control box equipment that can work optimally. This equipment can work when there is a fault current so it will command the operation to open and close the electricity circuit breaker automatically according to the set time. if a short circuit current interruption occurs for a moment then the recloser will close, if there is a permanent disturbance the recloser will remain open after several open times close with the settings that have been made. PLN has many suppliers to provide electricity to consumers. In Jajar feeders rely on a protection system in the form of OCR (Over Current Relay). This study analyzes the relay work time (t) OCR and recloser working time when it occurs on the 20 kV distribution channel at Penyulang 9 GI Jajar. The results of the calculation on the disturbance of 1 soil phase that occurs in kilometer 0 is the biggest disturbance that is equal to  $12111 \text{ } ^\circ -90^\circ$  amperes and in the disturbance of 1 soil phase that occurs in kilometer 8 is the smallest interference current which is  $1634 \text{ } 34 -76^\circ$  amperes. In order to coordinate between OCR and recloser, on the incoming OCR the working time setting is 0.82 seconds, on the OCR the outgoing time in the working time setting is 0.55 seconds, and the recloser is set to 0.18 seconds. The calculation results show the setting of the relay work time (t) for protection of the disturbance of short circuit currents determined by the location of the relay where the farther away the location of the relay, the smaller the time setting.

**Keywords :** Over Current Relay, protection coordination, recloser

## 1. PENDAHULUAN

Listrik adalah salah satu kebutuhan penting manusia di Indonesia oleh sebab itu PT PLN selaku BUMN yang melayani dan menyalurkan kebutuhan listrik kepada masyarakat. PT PLN mempunyai tiga sistem agar kebutuhan listrik untuk konsumen dapat terpenuhi yaitu sistem pembangkit, sistem transmisi, dan sistem distribusi. Pelayanan yang sangat bagus kepada konsumen merupakan hal penting yang dilakukan PT PLN pada saluran distribusi. Pada saluran distribusi yang disalurkan untuk konsumen banyak mengalami gangguan seperti gangguan arus hubung singkat yang dapat menimbulkan pemadaman listrik dan hal tersebut dapat menimbulkan rusaknya peralatan yang ada di lapangan. Agar tidak terjadi kesalahan sistem diperlukan pelayanan listrik dengan kualitas tinggi dengan memperhitungkan kordinasi antara relai yang terdapat pada saluran agar bekerja secara baik dan handal (Patel, 2005).

*Recloser* merupakan rangkaian listrik yang terdiri dari pemutus tenaga dilengkapi kotak kontrol elektronik (*electronic control box*) *recloser* sebagai kelengkapan *recloser* dimana peralatan tersebut tidak berkaitan dengan tegangan menengah dan *recloser* dapat dikendalikan cara pelepasannya. Kotak kontrol ini digunakan untuk pengaturan (*setting*) *recloser*. Alat

proteksi ini bekerja secara otomatis untuk mengamankan sistem dari arus lebih yang terjadi akibat adanya gangguan hubung singkat. Cara kerjanya adalah menutup balik dan membuka secara otomatis yang bisa diatur selang waktunya, pada gangguan sementara *recloser* tidak membuka tetap (*lock out*), namun setelah gangguan itu hilang *recloser* akan menutup kembali. Jika gangguan bersifat permanen, setelah membuka atau menutup balik sebanyak setting yang sudah diatur kemudian *recloser* akan membuka tetap (*lock out*).

Agar dapat menentukan koordinasi relai arus lebih diawali dengan menentukan waktu kerja relai, menentukan tempat relai, nilai hubung singkat dan parameter nilai seting relai (Birjandi, 2011). Penyulang Jajar mempunyai OCR dan *recloser* dalam sistem proteksi. Pemasangan *recloser* di ujung saluran digunakan untuk memutuskan aliran listrik apabila terjadi arus hubung singkat di sepanjang saluran itu. Dalam penyetelan koordinasi *relay* harus memastikan keandalan, selektivitas, fleksibilitas, dan kecepatan operasi *relay* untuk mengisolasi saluran yang mengalami gangguan (Tjahjono, 2015). Untuk menganalisis koordinasi OCR dan *recloser* diperlukan suatu perhitungan arus gangguan pada setiap kilometer. Dimulai pada awal saluran sampai dengan ujung saluran untuk mendapatkan nilai hubung singkat di semua lokasi yang sesuai. Memanfaatkan data sebaik mungkin untuk menghitung nilai maksimum dan minimum pada saat terjadi gangguan arus hubung singkat (Ruschel, 1989). Setiap tahun jumlah penduduk akan semakin bertambah banyak dan meningkatnya industri yang ada, hal itu akan mengakibatkan bertambahnya gangguan pada sistem distribusi, oleh karena itu PLN harus bisa mengatasi gangguan terutama pada sistem proteksi agar bekerja lebih handal dengan memaksimalkan kinerja dari relai. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam setting OCR adalah sensitivitas, selektivitas, keandalan, dan kecepatan (Bedekar, 2009).

Pada sistem distribusi 20 kV pada penyulang 9 Gardu Induk Jajar OCR (*Over Current Relay*) letaknya di sisi *incoming* dan sisi *outgoing* trafo 2, *recloser* yang berada di kilometer 3. Pertumbuhan penduduk yang semakin pesat serta adanya perkembangan industri dapat memicu bertambahnya gangguan pada penyulang, untuk mengatasinya dapat dilakukan dengan mengoptimalkan kinerja relay agar maksimal.

## 2. METODE

### 2.1 Tahapan

Ada beberapa proses penelitian, diantaranya sebagai berikut :

- a. Studi literature, yaitu pengumpulan data pada sistem distribusi 20 kV penyulang 9 Jajar sebagai tempat penelitian, kajian penulis atas referensi-referensi pada buku, karya ilmiah, dan internet, yang digunakan sebagai pedoman dan acuan untuk membuat tugas penelitian.
- b. Pengambilan data dilakukan di GI Jajar dan di PLN Purwosari.
- c. Analisis data dilakukan agar dapat menentukan hasil nilai seting pada OCR dan *recloser* pada penyulang.
- d. Perhitungan dilakukan untuk menentukan nilai seting dari OCR dan *recloser* agar menghasilkan nilai seting yang sesuai standar yang ditentukan.
- e. Kesimpulan hasil analisis ini berupa perhitungan koordinasi OCR (*Over Current Relay*) dan *recloser*.

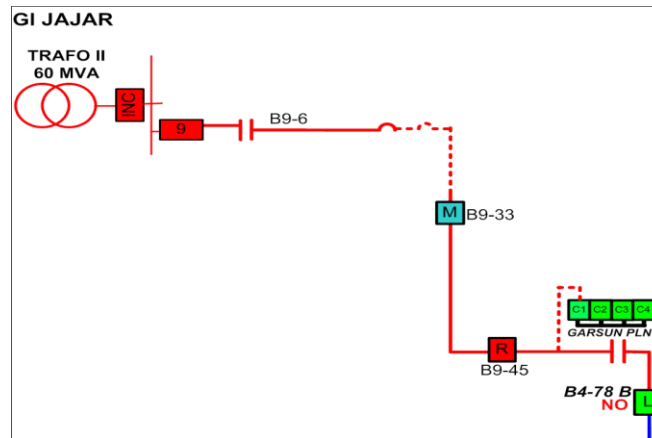
### 2.2 Alat dan Bahan

- a. Laptop.
- b. Flashdisk yang digunakan untuk menyimpan data penelitian.
- c. Kalkulator.

### 2.3 Gambar *Single Line Diagram* Penyulang 9 Jajar

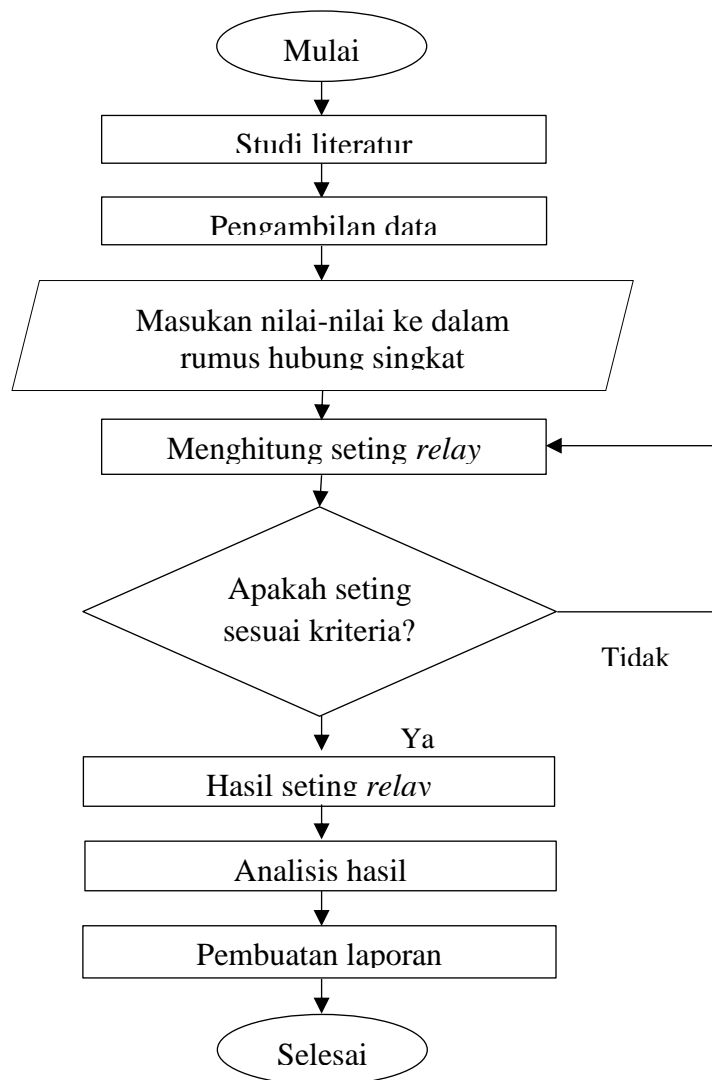
Data penelitian yang diambil dari PLN Purwosari adalah *single line diagram* pada penyulang 9, jarak saluran dan data relai proteksi. Data *single line diagram* dirujuk dari PLN Purwosari. *Single line diagram* ini letaknya pada penyulang 9 dengan panjang saluran 8 kilometer dari trafo 2 Gardu Induk Jajar menuju ke gardu susun PLN Puwosari. Keamanan proteksi di penyulang 9 Jajar, dari saluran awal penyulang 9 terdapat OCR (*Over Current Relay*) di *incoming* dan *outgoing* serta penempatan *recloser* yang terletak pada kilometer 3.





Gambar 1. *Single line diagram* penyulang 9 Jajar

## 2.4 Flowchart Penelitian



Gambar 2. *Flowchart* Penelitian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel. 1 Data trafo 2 GI Jajar

Kapasitas daya	60 MVA
Tegangan primer dan sekunder	150/20 kV
Impedansi	12,9 %
MVA <i>hubung singkat</i>	4407,53

#### 3.1 Menghitung arus hubung singkat

Mencari  $V_{(pu)}$

$$V_{pu} = \frac{kV \text{ sebenarnya}}{kV \text{ dasar}} = \frac{20 \text{ kV}}{20 \text{ kV}} = 1 \text{ pu} \dots\dots\dots(1)$$

$$Z_{\text{dasar}} = \frac{kV^2}{MVA} = \frac{(20 \text{ kV})^2}{60 \text{ MVA}} = 6,67 \Omega \dots\dots\dots(2)$$

$$I_{\text{dasar}} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{60 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \cdot 20 \text{ kV}} = 1732,05 \text{ ampere} \dots\dots\dots(3)$$

#### 3.2 Menghitung impedansi sumber pada sisi 20 kV

$$Z_{\text{sumber}} = j \frac{kV^2}{MVA_{hs}} = \frac{(20 \text{ kV})^2}{4407,53 \text{ MVA}} = j 0,091 \Omega \dots\dots\dots(4)$$

$Z_{\text{sumber (pu)}}$

$$Z_{pu} = j \frac{Z_{\text{sumber}}}{Z_{\text{dasar}}} = j \frac{0,091}{6,67} = j 0,014 \text{ pu} \dots\dots\dots(5)$$

#### 3.3 Menghitung impedansi pada trafo

$$Z_{\text{baru}} = Z_{\text{lama}} \times \left( \frac{kV_{\text{lama}}}{kV_{\text{baru}}} \right)^2 \times \left( \frac{MVA_{\text{lama}}}{MVA_{\text{baru}}} \right) \dots\dots\dots(6)$$

$$= 0,129 \Omega \times \left( \frac{20 \text{ kV}}{20 \text{ kV}} \right)^2 \times \left( \frac{60 \text{ MVA}}{60 \text{ MVA}} \right) = j 0,129 \text{ pu}$$

#### 3.4 Menghitung impedansi pada saluran urutan positive, negative dan nol

$$Z_{\text{saluran positif}} = Z_{\text{saluran negatif}}$$

Perhitungan impedansi pada saluran yang berjarak 3 km

$$= 3 \times (0,1344 + j 0,3158) = 0,4032 + j 0,9474 \dots\dots\dots(7)$$

$Z_{\text{saluran positif, negatif (pu)}}$

$$= \frac{0,4032 + j 0,9474}{6,67} = 0,06 + j 0,142 \text{ pu} \dots\dots\dots(8)$$

$Z_{\text{saluran nol}}$

Perhitungan impedansi pada saluran yang berjarak 3 km

$$= 3 \times (0,2824 + j 1,6034) = 1,089 + j 4,854 \dots\dots\dots(9)$$

$Z_{\text{saluran nol (pu)}}$

$$= \frac{1,089 + j 4,854}{6,67} = 0,163 + j 0,727 \text{ pu} \dots\dots\dots(10)$$

### 3.5 Mencari $Z_{\text{total}}$ pada urutan positif, negative dan nol

$$Z_1 = Z_2 = Z_{\text{sumber}} + Z_{\text{trafo}} + Z_{\text{saluran}} \dots\dots\dots(11)$$

$$= j 0,014 + j 0,129 + (0,06 + j 0,142) = 0,06 + j 0,285 \text{ pu}$$

$$Z_0 = Z_{\text{sumber}} + Z_{\text{trafo}} + Z_{\text{saluran}} \dots\dots\dots(12)$$

$$= j 0,014 + j 0,129 + (0,163 + j 0,727) = 0,12 + j 0,864 \text{ pu}$$

### 3.6 Menghitung arus hubung singkat pada saluran.

➤ Menghitung arus hubung singkat 3 fasa pada jarak 3 km

$$I_{3\text{fasa}} = \frac{V}{Z_1} = \frac{1+j0}{(0,06 + j 0,285)} = \frac{1 \angle 0}{0,291 \angle 78,1} = 3,433 \angle -78,1^\circ \text{ ampere} \dots\dots\dots(13)$$

Jadi hasil perhitungan untuk arus hubung singkat 3 fasa yang berjarak 3 km

$$= (3,433 \angle -78,1) \times 1732 = 5946 \angle -78,1^\circ \text{ ampere} \dots\dots\dots(14)$$

➤ Menghitung arus hubung singkat 2 fasa pada jarak 3 km

$$I_{2\text{fasa}} = \frac{V_{ph}}{Z_1 + Z_2} = \frac{\sqrt{3} \cdot (1+j0)}{2 \cdot (0,06 + j 0,285)} = \frac{\sqrt{3} \cdot (1+j0)}{0,582 \angle 78,1} = 2,976 \angle -78,1^\circ \text{ ampere} \dots\dots\dots(15)$$

Jadi hasil perhitungan untuk arus hubung singkat 2 fasa yang berjarak 3 km

$$= (2,976 \angle -78,1^\circ) \times 1732 = 5150 \angle -78,1^\circ \text{ ampere} \dots\dots\dots(16)$$

➤ Menghitung arus hubung singkat 1 fasa tanah pada jarak 3 km

$$I_{\text{fasa tanah}} = \frac{3 \cdot V}{Z_1 + Z_2 + Z_0} = \frac{3 \cdot (1+j0)}{2 \cdot (0,06 + j 0,285) + 0,12 + j 0,863} = \frac{3 \cdot (1+j0)}{0,12 + j 0,57 + 0,12 + j 0,863}$$

$$= \frac{3 \angle 0}{0,24 + j 1,433} = \frac{3 \angle 0}{1,452 \angle 80,4^\circ} = 2,066 \angle -80,4^\circ \text{ ampere} \dots\dots\dots(17)$$

Jadi hasil perhitungan untuk arus hubung singkat 1 fasa tanah yang berjarak 3 km

$$= (2,066 \angle -80,4^\circ) \times 1732 = 3578 \angle -80,4^\circ \text{ ampere} \dots\dots\dots(18)$$

Tabel. 2 Hasil perhitungan gangguan arus hubung singkat setiap jarak 1 km

Jarak gangguan (km)	Arus Hubung Singkat (Ampere)		
	3 Fasa	2 Fasa	1 Fasa tanah
0	12106 $\angle -90^\circ$	10476 $\angle -90^\circ$	12111 $\angle -90^\circ$
1	9116 $\angle -83,9^\circ$	7842 $\angle -83,9^\circ$	6770 $\angle -83,8^\circ$
2	7419 $\angle -80,1^\circ$	6240 $\angle -80,4^\circ$	4681 $\angle -81,4^\circ$
3	5946 $\angle -78,1^\circ$	5150 $\angle -78,1^\circ$	3578 $\angle -80,4^\circ$
4	5071 $\angle -76,4^\circ$	4392 $\angle -76,4^\circ$	2888 $\angle -79,4^\circ$
5	4142 $\angle -76,1^\circ$	3587 $\angle -76,1^\circ$	2366 $\angle -79,1^\circ$
6	3904 $\angle -74,3^\circ$	3381 $\angle -74,3^\circ$	2087 $\angle -78,5^\circ$
7	3722 $\angle -71,1^\circ$	3224 $\angle -71,1^\circ$	1874 $\angle -77,5^\circ$
8	3172 $\angle -72,8^\circ$	2747 $\angle -72,8^\circ$	1634 $\angle -76^\circ$

Hasil tabel yang ditunjukkan pada tabel 2 menunjukkan bahwa arus hubung singkat setiap panjang jarak gangguan hasilnya berbeda, semakin jauh jarak gangguan maka semakin kecil arus hubung singkat karena adanya impedansi saluran. Pada tabel di atas menunjukkan bahwa pada gangguan 1 fasa tanah yang terjadi di kilometer 0 adalah arus gangguan yang terbesar yaitu sebesar 12111  $\angle -90^\circ$  ampere, sedangkan pada gangguan 1 fasa tanah yang terjadi di kilometer 8 adalah arus gangguan yang terkecil yaitu sebesar 1634  $\angle -76^\circ$ . Nilai arus gangguan yang semakin mengecil dipengaruhi oleh impedansi saluran, panjang saluran dapat mempengaruhi semakin besar atau semakin kecil impedansinya. Semakin impedansinya bertambah maka arus gangguannya semakin kecil.

### 3.7 Menghitung nilai setting OCR dan *recloser*

Untuk menghitung seting *recloser* agar segera trip ketika terjadi gangguan yang berada di kilometer 3 maka dapat menggunakan data arus gangguan 3 fasa pada tabel 2 yang letaknya di kilometer 3 yaitu sebesar 5946 ampere.

$$I_{\text{nominal}} = 400 \text{ ampere}$$

$$CT = 1000 : 1 \text{ ampere}$$

$$I_{\text{set primer}} = 1,2 \times I_{\text{nominal}} = 1,2 \times 400 \text{ ampere} = 480 \text{ ampere} \dots \dots \dots (19)$$

$$I_{\text{set sekunder}} = 480 \text{ ampere} \times \frac{1}{1000} = 0,48 \text{ ampere}$$

### 3.8 Mencari waktu kerja (t) *recloser*

Untuk menghitung waktu kerja (t) *recloser* maka menggunakan data arus hubung singkat yang terletak pada jarak 3 km.

$$t = \text{TMS} \frac{0,14}{\left(\frac{i_{\text{fault}}}{i_{\text{set primer}}}\right)^{0,02} - 1} = 0,07 \text{ detik} \quad \frac{0,14}{\left(\frac{5946 \text{ A}}{480 \text{ A}}\right)^{0,02} - 1} = 0,189 \text{ detik} \dots\dots\dots(20)$$

### 3.9 Menghitung waktu kerja relai (t) OCR pada *incoming*

Untuk mendapatkan nilai setting OCR di sisi *incoming* yang tepat maka menggunakan arus gangguan yang terdekat dengan OCR yaitu sebesar 12106 ampere.

I nominal = 1500 ampere

CT = 2000 : 1 ampere

I set primer = 1,2 x I nominal = 1,2 x 1500 ampere = 1800 ampere.....(21)

I set sekunder = 1800 ampere x  $\frac{1}{2000}$  = 0,9 ampere

Perhitungan waktu kerja relai (t) OCR di sisi *incoming*

$$t = \text{TMS} \frac{0,14}{\left(\frac{i_{\text{fault}}}{i_{\text{set primer}}}\right)^{0,02} - 1} = 0,23 \text{ detik} \quad \frac{0,14}{\left(\frac{12106 \text{ A}}{1800 \text{ A}}\right)^{0,02} - 1} = 0,828 \text{ detik} \dots\dots\dots(22)$$

### 3.10 Menghitung waktu kerja relai (t) OCR pada *outgoing*

Untuk mendapatkan nilai setting OCR di sisi *outgoing* yang tepat maka menggunakan arus gangguan yang terdekat dengan OCR yaitu sebesar 12106 ampere.

I nominal = 480 ampere

CT = 800 : 5 ampere

I set primer = 1,2 x I nominal = 1,2 x 480 ampere = 576 ampere.....(23)

I set sekunder = 576 ampere x  $\frac{5}{800}$  = 3,6 ampere

Perhitungan waktu kerja relai (t) OCR di sisi *outgoing*

$$t = \text{TMS} \frac{0,14}{\left(\frac{i_{\text{fault}}}{i_{\text{set primer}}}\right)^{0,02} - 1} = 0,25 \text{ detik} \quad \frac{0,14}{\left(\frac{12106 \text{ A}}{576 \text{ A}}\right)^{0,02} - 1} = 0,557 \text{ detik} \dots\dots\dots(24)$$

Tabel 3 Hasil perhitungan waktu kerja relai OCR dan *recloser* pada hulu dan hilir

setting	OCR <i>Incoming</i>		OCR <i>Outgoing</i>		<i>Recloser</i>	
	Km 0 (hulu)	Km 2 (hilir)	Km 0 (hulu)	Km 2 (hilir)	Km 3 (hulu)	Km 8 (hilir)
I set primer (A)	2400	2400	576	576	480	480
I set sekunder (A)	1,2	1,2	3,6	3,6	0,48	0,48
TMS (detik)	0,23	0,23	0,25	0,25	0,07	0,07
t (detik)	0,82	1,12	0,55	0,66	0,18	0,25

Tabel 3 menunjukkan bahwa nilai waktu kerja OCR dan *recloser* (t) berbeda-beda karena adanya faktor impedansi. Penyetelan waktu kerja *relay* (t) OCR di *incoming* ataupun *outgoing* paling besar dibandingkan dengan penganturan Waktu kerja (t) *recloser* yang pengaturannya paling kecil, karena pada saat terjadi gangguan arus hubung singkat *recloser* akan bekerja lebih cepat. Zona proteksi *recloser* berada di kilometer 3 hingga kilometer 8 sedangkan OCR *incoming* dan *outgoing* di kilometer 0 hingga kilometer 2. Waktu kerja dapat dipengaruhi adanya impedansi saluran dimana semakin jauh dari titik hulu maka semakin lama waktu kerjanya

#### 4. PENUTUP

Berdasarkan analisis koordinasi *Over Current Relay* dan *recloser* pada distribusi 20 kV penyulang 9 Gardu Induk Jajar maka kesimpulannya adalah :

- a. Pada gangguan 1 fasa tanah yang terjadi di kilometer 0 adalah arus gangguan yang terbesar yaitu sebesar  $12111 \angle -90^\circ$  ampere, sedangkan pada gangguan 1 fasa tanah yang terjadi di kilometer 8 adalah arus gangguan yang terkecil yaitu sebesar  $1634 \angle -76^\circ$  ampere.
- b. Hasil perhitungan pada OCR dan *recloser* pada penyulang 9 Gardu Induk Jajar menunjukkan bahwa *recloser* akan bekerja terlebih dahulu jika terjadi gangguan dengan waktu kerja (t) selama 0,18 detik, selanjutnya OCR *outgoing* dengan waktu kerja *relay* (t) selama 0,55 detik dan yang terakhir bekerja adalah OCR *incoming* dengan waktu kerja *relay* (t) sebesar 0,82 detik.

#### PERSANTUNAN

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini kepada :

- a. Allah S.W.T. yang telah memberikan perlindungan dan kelancaran dalam penyusunan tugas akhir.
- b. Bapak Wiyanto dan Ibu Rundiya selaku kedua orang tua yang senantiasa memberi semangat dan doa untuk kelancaran pengerjaan tugas akhir.
- c. Mas Gilang selaku kakak kandung yang memberi masukan untuk menyelesaikan tugas akhir.
- d. Bapak Umar S.T. M.T. ketua jurusan teknik elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta.

- e. Bapak Agus Supardi S.T. M.T. selaku pembimbing yang memberi arahan dan penjelasan dalam penyelesaian tugas akhir.
- f. Mas Dwi selaku pegawai PT PLN (persero) Area Surakarta yang sudah memberikan data yang diperlukan untuk tugas akhir ini.
- g. Mahasiswa Teknik Elektro UMS angkatan 2015 yaitu fuad, anas, yusuf yang sudah membantu dalam mencari data yang diperlukan dan memberi semangat untuk segera menyelesaikan tugas akhir.
- h. Febriana yang selalu memberi semangat dalam menyelesaikan tugas akhir.
- i. Semua teman-teman Teknik Elektro UMS angkatan 2015 yang selalu memberi informasi terkait tugas akhir ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- A. Tjahjono, A. Priyadi, M.H. Alfa, K.F. Purnomo, M. Pujiantara. (2015). “*Optimum Coordination of Overcurrent Relays in Radial System with Distributed Generation Using Modified Firefly Algorithm*”. International Journal on Electrical Engineering and Informatics, Vol 7.
- Bedekar, P P., et al. (2009). “*Optimum Time Coordination of Overcurrent Relays in Distribution.*” WSEAS Transactions on Power Systems, Vol 4, Issue 11.
- Birjandi, A A M, Pourfakkah M. (2011). “*Optimal Coordination of Overcurrent and Distance Relaysby a New Particle Swarm Optimization Method*”. International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT), Vol 1.
- Patel, H A. (2015). “*Relay Coordination Using ETAP.* International Journal of Scientific & Engineering Research”, Vol 6.
- Ruschel,W.J., dan A. A. Wayne. (1989).”*Coordination of Relays, Reclosers and Sectionalizing Fuses for Overhead Lines in the Oil Patch*”. IEEE Transactions on Industry Applications, Vol 25.